

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

#3
11 Apr 02
R. Tallo

JC675 U.S. PTO

10/003290



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2001년 제 13302 호
Application Number

출원년월일 : 2001년 03월 15일
Date of Application

출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s)

2001 년 04 월 19 일

특허청
COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2001.03.15
【발명의 명칭】	전광 파장 변환기 및 그 변환 방법
【발명의 영문명칭】	All-Optical Wavelength Converter and Converting Method
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	전영일
【대리인코드】	9-1998-000540-4
【포괄위임등록번호】	1999-054594-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	주정진
【성명의 영문표기】	JU, Jung Jin
【주민등록번호】	671117-1894915
【우편번호】	302-739
【주소】	대전광역시 서구 만년동 상아아파트 103동 1401호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	민유홍
【성명의 영문표기】	MIN, Yoo Hong
【주민등록번호】	680505-1405912
【우편번호】	301-832
【주소】	대전광역시 중구 용두동 122-5
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	도정윤
【성명의 영문표기】	DO, Jung Yun
【주민등록번호】	681206-1903723

【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 하나아파트 103동 1206호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박승구
【성명의 영문표기】	PARK, Seung Koo
【주민등록번호】	630521-1037015
【우편번호】	135-241
【주소】	서울특별시 강남구 개포1동 660-12 주공1단지 41-401
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이명현
【성명의 영문표기】	LEE, Myung Hyun
【주민등록번호】	620122-1820341
【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 109동 204호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 전영일 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	6 면 6,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	16 항 621,000 원
【합계】	656,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	328,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 특정 파장의 광신호를 파장 변환하는 전광 파장 변환기 및 그 변환 방법에 관한 것이다.

본 발명에서는 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환기에 있어서, 펌프광의 모드를 변환시키는 모드변환영역과, 신호광을 펌프광에 결합시키는 방향결합영역 및, 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환영역을 포함하고, 모드변환영역과 파장변환영역은 비선형 고분자 물질에 의해 일체로 형성되어 도파 방향으로 길게 늘어선 고분자 도파로를 이루며, 파장변환영역은 일정한 방향으로 폴링된 비선형 고분자를 포함한다.

이로 인해, 에너지 변환 효율이 높은 DFG 소자와 캐스캐이드 파장 변환 소자 및 2차 주파수 발생 소자들을 개발할 수 있다.

【대표도】

도 1a

【색인어】

파장 변환기, 복굴절 위상 정합, 비선형 고분자, 광 도파로, DFG, WDM.

【명세서】

【발명의 명칭】

전광 파장 변환기 및 그 변환 방법 {All-Optical Wavelength Converter and Converting Method}

【도면의 간단한 설명】

도 1a와 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 파장 변환기를 도시한 도면,

도 2는 비선형 고분자의 폴링 전압에 따른 도파 모드의 유효 굴절률 변화 및 DFG 파장 변환을 위한 복굴절 위상 정합의 조건을 도시한 그래프도,

도 3a와 도 3b는 본 발명에 이용되는 비선형 고분자를 통한 DFG 및 캐스캐이드 과정의 BPM을 만족하기 위한 입사광 및 출력광의 편광상태와 비선형 고분자의 분극 방향을 도시한 도면,

도 4는 복굴절 위상 정합된 DFG 에서 도파로 진행 거리에 따른 출력광의 변환 효율을 도시한 그래프도,

도 5는 복굴절 위상 정합된 DFG에서 펌프광의 입력 파워에 대한 출력광의 변환 효율을 도시한 그래프도,

도 6은 본 발명의 비선형 고분자를 이용한 도파로 구조의 DFG 파장 변환기를 도시한 도면,

도 7은 본 발명의 비선형 고분자를 이용한 도파로 구조의 캐스캐이드 파장 변환기를 도시한 도면이다.

※ 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ※

600 : DFG 파장 변환기

700 : 캐스캐이드 파장 변환기

601 : 펌프광

602 : 신호광

610 : 모드 변환기

620 : 방향 결합기

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<12> 본 발명은 특정 파장의 광 신호를 파장 변환하는 전광 파장 변환기 및 그 변환 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게 설명하면, 고분자 도파로의 폴링으로 인한 입력되는 광신호의 TE 및 TM 도파 모드의 유효 굴절률 변화를 이용한 전광 파장 변환기 및 그 변환 방법에 관한 것이다.

<13> 2차 비 선형성을 이용한 도파로 구조의 광 파장 변환기는 비선형 재료, 위상 정합법, 도파로 제작 방법에 따라 다양한 소자들이 개발되어 왔다. 기존의 비선형 재료로는 산화물 단결정(LiNbO₃, LiTaO₃)과 반도체(AlGaAs, InGaAsP, InGaP) 및 비선형 고분자 재료가 주로 사용되었는데, 산화물 단결정과 반도체에서는 준위상 정합(Quasi Phase Matching, 이하 QPM 이라 함) 방법이 주된 위상 정합 방법으로 사

용되었으며, 비선형 고분자에서는 모드 분산 위상정합(Modal Dispersion Phase Matching, 이하 MDPM 이라 함)이 주된 위상정합 방법으로 사용되었다.

<14> 또한, 파장 변환 방법으로는 차 주파수 발생(Difference Frequency Generation, 이하 DFG 라 함)법 및 합 주파수와 차 주파수 발생이 연속적으로 일어나는 캐스캐이드(Cascade)법이 주로 이용되고 있다.

<15> 산화물 단결정의 경우, d_{33} (~ 35 pm/V)의 큰 비선형 계수를 이용하기 위해 단결정을 규칙적인 구역 반전(domain inversion) 구조로 제작하여 QPM 조건을 만족시키고, DFG 및 캐스캐이드 법으로 파장 분할 다중(Wavelength Division Multiplexing : 이하 WDM 라 함) 광통신 채널간의 파장 변환이 가능한 소자를 제작하였다. 이 기술은 M. Chou 등이 IEEE Photonics Technology Letters 의 1999 년 6월호 pp. 653-655 에 게재한, “1.5- μ m-band wavelength conversion based on cascaded second-order nonlinearity in LiNbO_3 waveguide’ 과, Optics Letters 이 1998년 6월호 pp.1004-1006 에 발표한 “1.5- μ m-band wavelength conversion based on difference-frequency generation in LiNbO_3 waveguides with integrated coupling structures’ 의 논문에 설명되어 있다.

<16> 반도체의 경우, AlGaAs d_{36} (~ 180 pm/V)의 큰 비선형 계수를 이용하기 위하여 단결정을 웨이퍼 융합에 의한 접합(wafer bonding by wafer fusion)과 선택적

식각(selective etching) 및 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 등을 통한 일련의 공정을 통하여 QPM 조건을 만족하는 구조를 제작한 후, DFG 방법으로 파장변환 소자를 제작하였다. 이러한 기술은 S.J.B. Yoo 등이 Applied Physics Letters 의 1996년 5월호 pp. 2609-2611에 발표한 논문인, 'Wavelength conversion by difference frequency generation in AlGaAs waveguides with periodic domain inversion achieved by wafer bonding' 에 서술되어 있는데, 이는 안정된 소자의 동작 특성을 보이긴 하지만 웨이퍼 접합면에서 펌프광의 손실이 45dB/cm 로 매우 높기 때문에 변환효율이 낮다는 단점이 있다.

<17> 또한, 비선형 고분자 파장변환 소자는 현재까지 2차 조화파 발생(Second Harmonic Generation : SHG)용 소자로 연구되었으며, DFG 및 캐스캐이딩 과정의 WDM 용 파장변환 소자는 아직까지 개발되지 않고 있다. 비선형 고분자를 이용한 SHG 소자는 QPM 에서 변환효율(규격화된 변환효율 0.5 % /W cm² 미만)이 낮다는 결과를 T. Watanabe 등이 Journal of Applied Physics의 1998년 1월호 pp. 639-649 에 보고한, 'Vertically stacked coupler and serially grafted waveguide : Hybrid waveguide structures formed using an electro-optic polymer'에서 발표하였으며, MDPM 에서 규격화된 변환효율, 14 %/Wcm² 은, M. Jager 등이 Applied Physics Letters의 1996년 12월호 pp. 4139-4141에 발표한, 'Modal dispersion phase matching over 7 mm length in overdamped polymeric channel waveguides' 에 발표되어 있다.

<18> 이와 같은 특징을 포함하는 현재까지의 비선형 고분자 소자는 비록 큰 비선형 계수(d33 ~ 30 pm/V 이상)를 가지는 여러 종류의 비선형 고분자 소자가 개발되었지만, 효과적인 위상정합 방법의 부재로 인해, WDM 광통신용 전광 파장변환 소자로서는 실용화

되지 못하고 있다.

- <19> 또한, 본 발명의 복굴절 위상정합법과 관련한 전기적 폴링 및 기계적 인장에 의한 비선형 폴리머의 굴절을 변화는, C.C. Teng 등이 Applied Physics Letters 의 1995년 2월호 pp. 667-669에 발표한, 'Origin of the poling-induced optical loss in a nonlinear polymeric waveguide' 와 X.T. Tao 등이 Journal Optical Society of America B의 1995년 9월호 pp. 1581-1585 에서 발표한, 'Phase-matched second-harmonic generation in poled polymers by the use of birefringence' 에 발표되었긴 하지만, 이들을 이용한 도파로형 파장변환소자의 위상정합은 시도된 예가 없다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <20> 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 차 주파수 발생과 캐스캐이드 과정 및 2차 조화파 생성이 효율적으로 발생할 수 있는 복굴절 위상 정합 (Birefringence Phase Matching) 방법을 이용함으로써, 높은 에너지 변환 효율을 가지는 차 주파수 파장 변환 소자와 캐스캐이드 파장 변환 소자 및 2차 조화파 발생 파장 변환 소자를 구현할 수 있는 전광 파장 변환기 및 그 변환 방법을 제공하기 위한 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

- <21> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 방법에 있어서, 광도파로의 중간에 비선형 고분자로 이루어진 채널형 고분자도파로를 제공하는 단계와, 고분자도파로에 전압을 가하여 고분자를 일정한 방향으로 폴링시키는 단계 및, 펌프광에 결합된 신호광을 고분자가 폴링된 상태의 고분자도파로로 통과시

키는 단계를 포함한다.

<22> 양호하게는, 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환기에 있어서, 펌프광의 모드를 변환시키는 모드변환영역과, 신호광을 펌프광에 결합시키는 방향결합영역 및, 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환영역을 포함하고, 상기 모드변환영역과 상기 파장변환영역은 비선형고분자물질에 의해 일체로 형성되어 도파방향으로 길게 늘어선 고분자도파로를 이루며, 상기 파장변환영역의 제작과정에서 고분자를 일정한 방향으로 폴링시키기 위해 전압을 가하는 전압인가 공정을 포함한다.

<23> 보다 양호하게는, 비선형 고분자 물질을 이용하여 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환기를 제조하는 방법에 있어서, 상기 비선형 고분자 물질을 길쭉하게 성형하는 성형단계와, 길쭉하게 성형된 상기 비선형 고분자 물질을 코어로 삼아 그러한 코어의 양쪽 단부면만 노출시킨 채로 둘레에 클래딩을 입히는 피복단계 및 상기 비선형 고분자 물질로 된 코어에 접촉된 금속전극을 형성하는 단계를 포함한다.

<24> 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 파장 변환기 및 그 변환 방법을 보다 자세하게 알아보기로 한다. 도 1a 는 본 발명의 일 실시예에 따른 전광 파장 변환기를 도시한 도면이며, 도 1b는 도 1a에 도시된 전광 파장 변환기를 1의 방향으로 절단했을 때의 도면이다. 도시된 바와 같이, 실리콘 웨이퍼(100) 표면 위에 형성된 고분자 하부 클래딩(120)과 고분자 하부 클래딩(120) 위의 입력단에서 출력단으로 길게 이어지도록 형성된 비선형 고분자 코어(160), 고분자 하부 클래딩(120) 위에 형성된 비선형 고분자 코어(160)를 감싸되, 입력측과 출력측의 노출된 부분은 제외하고 감싸는 형태로 제작한 고분자 상부 클래딩(140)으로 구성된다. 이 때, 비선형 고분자 코

어(160)는 도파 방향에 직각을 이루는 방향으로 폴링되어 있다.

<25> 이와 같은 구성을 특징으로 하는 전광 파장 변환기의 제조 과정에 대해 알아보면 다음과 같다. 우선, 실리콘 웨이퍼(100) 표면 위에 회전 도포법(spin coating)을 이용하여 고분자 하부 클래딩(120)과 비선형 고분자 코어층(160)을 단계적으로 형성한다. 이후, 폴링을 위하여 코어층과 실리콘 웨이퍼 아래 표면에 각 각 금속전극을 증착하고, 양면에 일정한 전압을 인가하여 코어층을 폴링한다. 폴링이 끝나면 에칭(etching) 용액을 사용하여 증착된 금속 전극들을 제거한다. 이후, 폴링된 비선형 고분자 코어 층(layer)을 형성한 후, 회전 도포법으로 포토 레지스터(photo-resister)층을 형성하고, 파장변환기의 모양이 세겨진 도파로 구조의 포토 마스크(photo-mask)를 이용하여 리소그라피(lithography) 방법으로 도파로 구조를 형성한다. 이후, 반응성 이온 식각(reactive ion etching) 방법을 이용하여 도파로 구조가 세겨지지 않은 나머지 부분의 코어층을 식각한 후, 포토 레지스터(photo-resister)를 에칭하여 제거함으로써, 도시된 바와 같이, 입력단에서 출력단으로 길게 이어진 형태로 비선형 고분자 코어(160)를 형성한다. 이후, 회전 도포법을 이용하여 비선형 고분자 코어(160)를 전체적으로 감싸는 고분자 상부 클래딩(140)을 형성한다. 이 때, 광신호의 입력측 및 출력측의 노출되어 있는 측면은 감싸지 않는다. 여기서의 입력단 및 출력단은 단일 모드의 광섬유(110, 150)와 연결되어 펄스광 및 신호광이 입력되는데, 이 때, V 홈 (V-Groove)에 고정된 단일모드 광섬유를 폴리머 접착제를 이용하여 파장 변환기의 입력단 및 출력단과 연결한다.

<26> 코어층의 비선형 고분자 도파로를 폴링하는 과정에서 차 주파수 발생(DFG)과 캐스케이드 과정 및 2차 조화파 발생이 효율적으로 발생하도록 하는, 즉, BPM(Birefringence

Phase Matching : 복굴절 위상 정합, 이하 BPM 이라 함)을 유발하기 위해, 금속 전극에 광 도파 방향의 수직 방향으로 전압을 걸어 전기장을 인가시킴으로써, 비선형 고분자 코어(160)의 고분자를 광 도파 방향의 수직 방향(161)으로 분극시키는 폴링(poling)을 한다. 또는, 폴링 과정이 없이 제작된 고분자 도파로를 실리콘 웨이퍼로부터 분리하여 도파로 방향으로 기계적인 힘으로 인장하여 위상정합 조건이 만족 되도록 한다.

<27> 여기서, 본 발명에 따른 BPM(Birefringence Phase Matching : 복굴절 위상 정합)이란, 도파로 구조의 비선형 고분자를 전기적 폴링 혹은 기계적으로 인장했을 때 발생하는 광신호의 TE(Transverse Electric) 및 TM(Transverse Magnetic)도파 모드의 유효 굴절을 변화를 이용하여, 파장 변환에서 상호 작용하는 광파들의 위상속도를 같게 하는 위상정합 방법이다.

<28> 이와 같은 특징의 고분자 도파로를 포함하는 파장 변환기에서, 에너지 변환 효율을 높이기 위한 BPM을 발생시킬 수 있는 여러 가지 조건들에 대해 알아보면 다음과 같다.

<29> 도 2는 비선형 고분자의 폴링 전압에 따른 도파 모드의 유효 굴절을 변화를 도시한 그래프도로서, 도 1과 같은 다층 구조의 비선형 고분자에 전압을 가하여 폴링할 경우, 도시된 바와 같이, 폴링 전압이 높아질수록 펌프광 및 신호광의 TM 편광 도파 모드의 유효 굴절률은 증가하는 반면, 펌프광 및 출력광의 TE 편광 도파 모드의 유효 굴절률은 감소한다. 이로 인해, 펌프광(pump beam)과 신호광(signal beam)이 파장 변환 소자에 입력되었을 경우, DFG 및 캐스캐이드 과정이 효율적으로 발생하도록 하기 위해서는 화살표로 표시된 지점의 폴링 전압(약 $120\text{V}/\mu\text{m}$ 내지 $130\text{V}/\mu\text{m}$)을 인가해야만 효율적인 BPM 과정이 발생한다.

- <30> 이와 같은 조건의 폴링 전압을 인가할 경우, 본 발명에 따른 BPM 과정을 유발시켜 차 주파수 발생과 캐스캐이드 과정 및 2차 조화파 발생을 효과적으로 발생시킬 수 있는 입사광 및 출력광의 편광상태에 대해 알아보면 다음과 같다.
- <31> 도 3a 및 도 3b는 비선형 고분자를 이용한 DFG 및 캐스캐이드 과정에서, 위상정합을 만족하기 위한 입사광 및 출력광의 편광상태를 도시한 도면이다. DFG 과정의 경우, BPM 을 만족하기 위한 입사광 및 출력광의 편광 상태는 도시된 바와 같이, 도파로의 길이 방향과 같은 진행 방향의 입력광에 대해, TM 편광의 신호광(λ_1)과 TE 편광의 펌프광(λ_p)을 입력함으로 인해, TE 편광의 출력광(λ_2)이 출력되면서 복굴절 위상 정합을 가능하게 한다.
- <32> 또한, 캐스캐이드 과정의 경우, BPM 을 만족시키기 위한 입사광 및 출력광의 편광 상태는 DFG 와의 비교 시, TE 및 TM 편광 모드가 45도 각도로 결합된 펌프광과 TM 편광 상태의 신호광을 입력함으로 인해, 복굴절 위상 정합이 가능하게 된다.
- <33> 이 때, 복굴절 위상 정합을 만족시키기 위한, 고분자 도파로의 비선형 물질 계수는 d_{15} 이며, 고분자 도파로 영역의 폴링 전압은 도 2에 따라, BPM 조건을 만족시키는 폴링 전압이 인가되어 폴링된 상태이다.
- <34> 도 4는 BPM 위상 정합에서 DFG 방법으로 파장 변환할 때, 도파로의 진행거리에 따른 에너지 변환 효율을 계산한 그래프도이다. 계산에 사용한 변수들은 실제 소자에서 적용 가능한 변수들이다. 도시된 바와 같이, 펌프광에 대한 흡수(410)가 2 dB/cm 이며 3cm

길이의 파장변환 영역을 가진 DFG 소자의 경우, 15mW 의 펌프광과 0.1mW 의 신호광의 파워를 입력하면, 0 dB 이상의 에너지 변환 효율을 가지는 소자가 제작 가능함을 알 수 있으며, 변환 영역의 도파 길이 및 입력되는 펌프광 및 신호광의 파워에 따라, 파장 변환기의 에너지 변환 효율이 달라짐을 알 수 있다.

<35> 도 5는 파장변환 영역의 도파 길이를 2cm 로 고정하고, 펌프광의 입력 파워에 따른 에너지 변환효율을 도시한 그래프도이다. 도시된 바와 같이, 입력되는 펌프광의 에너지가 15mW 이상인 경우, 신호광의 에너지 0.1mW, 0.3mW, 0.5mW 에 대하여 에너지 변환효율이 모두 0dB 이상의 에너지 변환 효율을 가짐을 알 수 있다.

<36> 이와 같은 특징들을 포함하는 본 발명에 따른 BPM 방법을 이용한 에너지 변환 효율이 높은 DFG 소자 및 캐스캐이드 파장 변환 소자에 대해 알아보면 다음과 같다.

<37> 도 6은 비선형 고분자를 이용한 도파로 구조의 DFG 파장 변환기를 도시한 도면으로서, 입력되는 펌프광의 모드를 변환시키는 모드 변환 영역(610)과 입력되는 신호광을 펌프광에 결합시키는 방향 결합 영역(620), 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장 변환 영역(630)을 포함하며, 모드 변환 영역(610)과 파장 변환 영역(620)은 비선형 고분자 물질에 의해 일체로 형성되어 도파 방향으로 길게 늘어선 형태를 이룬다. 이 때, 입력측에서는 모드 변환 영역(610)의 측면이 노출되어 있으며, 출력측에서는 파장 변환 영역(630)의 측면이 노출되어 있다.

<38> 또한, 모든 변환 영역(610)은 노출단부로부터 파장 변환 영역(630)의 경계 부분까

지 그 채널 형상의 넓이가 점진적으로 변하게 형성되어 있다. 즉, 광섬유를 통해 입력된 펌프광(601)의 파장은 신호광(602)의 파장에 약 두 배정도 작으므로, 도파로 내에서 신호광(602)과 펌프광(603)의 신호 세기 분포가 잘 겹쳐지게 하기 위해, 도시된 바와 같이, 테이퍼된 광도파로(611)의 폭을 도파로의 진행 방향으로 점진적으로 넓어지게 형성한다.

<39> 이와 같은 구성을 특징으로 하는 DFG 파장 변환기(600)에서는 입력되는 펌프광(601)이 모드 변환 영역(610)를 통과하면서 단일 도파 모드(single mode)로 변환된 후, 방향 결합 영역(620)를 통과하면서 펌프광(601)에 단일 도파 모드의 신호광(602)이 결합된다. 이후, 파장 변환 영역(630)을 통과하면서 펌프광(601)에 결합된 신호광(602)의 파장이 변환되는데, 이 때, 파장 변환이 일어나는 파장 변환 영역(630)의 고분자는 도 1a와 같이, BPM 조건을 만족하도록, 소정의 전압이 인가되어 폴링되어 있다.

<40> 도 7과 같은 캐스캐이드 파장 변환기(700)의 경우, 광섬유를 통해 입력된 펌프광(701) 및 신호광(702)의 파장은 비슷한 크기이므로, 위의 DFG 파장 변환기(도 6의 600)의 모드 변환 영역(도 6의 610)에 비해, 노출단부로부터 파장 변환 영역(720)과의 경계 부분까지 그 채널 형상의 넓이가 일정하게 형성되어 있다. 이로 인해, 펌프광(701)의 모드는 변화하지 않는다.

<41> 이와 같은 구성을 특징으로 하는 캐스캐이드 파장 변환기(700)는 고분자 도파로 구조의 방향 결합기(710)를 지나면서 신호광(702)이 펌프광(701)에 결합되며, 이후, 파장

변환 영역(720)을 지나면서, 펌프광에 결합된 신호광의 파장이 변환된다. 이 때, 파장 변환 영역(720)의 고분자 도파로는 진공 증착된 금속 전극을 통해, 도파 방향의 수직 방향으로 폴링된 상태이다.

<42> 위에서 양호한 실시예에 근거하여 이 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술사상을 벗어남이 없이 위 실시예에 대한 다양한 변화나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로, 이 발명의 보호범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 한정될 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

【발명의 효과】

<43> 이상과 같이 본 발명에 의하면, 도파로 구조의 비선형 고분자를 폴링 혹은 기계적인 인장으로 인해 발생하는 광신호의 TE 및 TM 도파 모드의 유효 굴절률 변화를 이용함으로써, 초고속 동작 특성 및 에너지 변환 효율이 높은 DFG 파장 변환기와 캐스캐이드 파장 변환기 및 2차 조화파 발생 소자 등을 개발할 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 방법에 있어서,

광도파로의 중간에 비선형 고분자로 이루어진 채널형 고분자도파로를 제공하는 단계와,

고분자도파로에 전압을 가하여 고분자를 일정한 방향으로 폴링시키는 단계 및,

펌프광에 결합된 신호광을 고분자가 폴링된 상태의 고분자도파로로 통과시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 파장 변환 방법.

【청구항 2】

청구항 1에 있어서,

신호광이 펌프광에 결합되기 전에 상기 펌프광을 고분자모드변환기로 통과시키는 단계 및,

상기 펌프광이 고분자 모드 변환기를 통과한 후에 방향결합기에 의해 상기 신호광과 상기 펌프광을 결합시키는 단계를 부가적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 파장변환 방법.

【청구항 3】

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 고분자 폴링 단계에서는 신호광이 상기 고분자도파로를 통과하는 도파방향에 직각을 이루는 방향으로 전압을 인가하는 것을 특징으로 하는 파장변환방법.

【청구항 4】

펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환기에 있어서,

펌프광의 모드를 변환시키는 모드변환영역과, 신호광을 펌프광에 결합시키는 방향 결합영역 및, 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환영역을 포함하고,

상기 모드변환영역과 상기 파장변환영역은 비선형고분자물질에 의해 일체로 형성되어 도파방향으로 길게 늘어선 고분자도파로를 이루며,

상기 파장변환영역의 제작과정에서 고분자를 일정한 방향으로 폴링시키기 위해 전압을 가하는 전압인가 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 파장변환기.

【청구항 5】

청구항 4에 있어서,

상기 고분자도파로는 직사각단면을 갖는 채널형상으로 형성되고,

상기 고분자도파로는 상기 모드변환영역으로부터 상기 파장변환영역까지 전장에 걸쳐 클래딩으로 둘러싸여 있으며,

입력측에서는 상기 모드변환영역의 측면이 노출되어 있고,

출력측에서는 상기 파장변환영역의 측면이 노출되어 있는 것을 특징으로 하는 파장 변환기.

【청구항 6】

청구항 5에 있어서,

상기 모드변환영역은 노출단부로부터 상기 파장변환영역과의 경계부분까지 그 채널 형상의 넓이가 점진적으로 변하게 형성된 것을 특징으로 하는 파장변환기.

【청구항 7】

청구항 5에 있어서,

상기 모드변환영역은 노출단부로부터 상기 파장변환영역과의 경계부분까지 그 채널 형상의 넓이가 일정하게 형성되어 펌프광의 모드가 변하지 않게 형성된 것을 특징으로 하는 파장변환기.

【청구항 8】

청구항 4에 있어서,

상기 비선형 고분자의 전압인가수단은 상기 비선형 고분자도파로에 진공증착된 금속전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 파장변환기.

【청구항 9】

비선형 고분자 물질을 이용하여 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장 변환기를 제조하는 방법에 있어서,

상기 비선형 고분자 물질을 길쭉하게 성형하는 성형단계와,

길쭉하게 성형된 상기 비선형 고분자 물질을 코어로 삼아 그러한 코어의 양쪽 단부 면만 노출시킨 채로 둘레에 클래딩을 입히는 피복단계 및,

상기 비선형 고분자 물질로 된 코어에 접촉된 금속전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 10】

청구항 9에 있어서,

상기 피복단계는 상기 성형단계의 전에 하부클래딩을 제공하는 단계 및 상기 성형단계 후에 상부클래딩을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 11】

청구항 9에 있어서,

상기 금속전극형성단계는 상기 비선형고분자물질로 된 코어와 실리콘 기판의 하단면에 금속을 진공증착시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 12】

청구항 9에 있어서,

상기 성형단계는 펌프광의 모드를 변환시키는 모드변환영과, 신호광을 펌프광에 결합시키는 방향결합영역 및 펌프광에 결합된 신호광의 파장을 변환시키는 파장변환영역을 동시에 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 13】

청구항 12에 있어서,

상기 성형단계에서는 상기 모드변환영역과 상기 파장변환영역이 도파방향으로 길게 늘어선 고분자도파로를 이루도록 일체로 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 14】

청구항 13에 있어서,

상기 성형단계에서는 상기 고분자도파로는 직사각단면을 갖는 채널형상으로 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 15】

청구항 14에 있어서,

상기 성형단계에서는 상기 모드변환영역의 노출측면부터 상기 파장변환영역과의 경

제 부분까지 그 채널형상의 넓이가 점진적으로 변하게 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

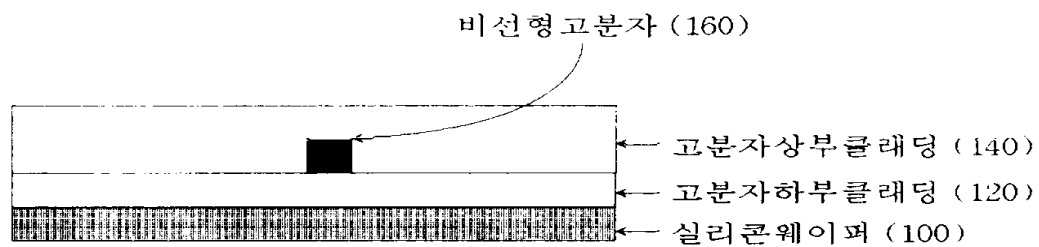
【청구항 16】

청구항 14에 있어서,

상기 성형단계에서는 상기 모드변환영역의 노출측면부터 상기 파장변환영역과의 경계부분까지 그 채널형상의 넓이가 일정하게 형성하는 것을 특징으로 하는 방법.

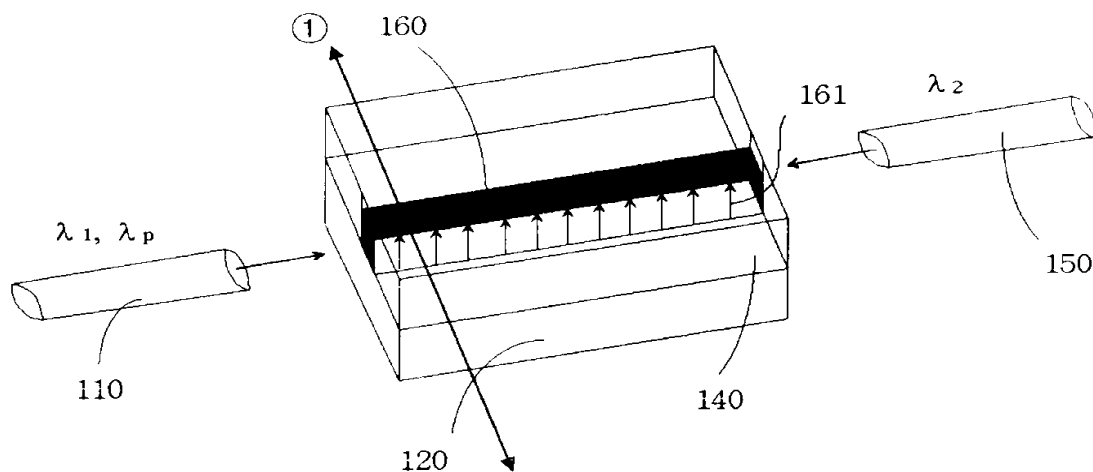
【도면】

【도 1a】

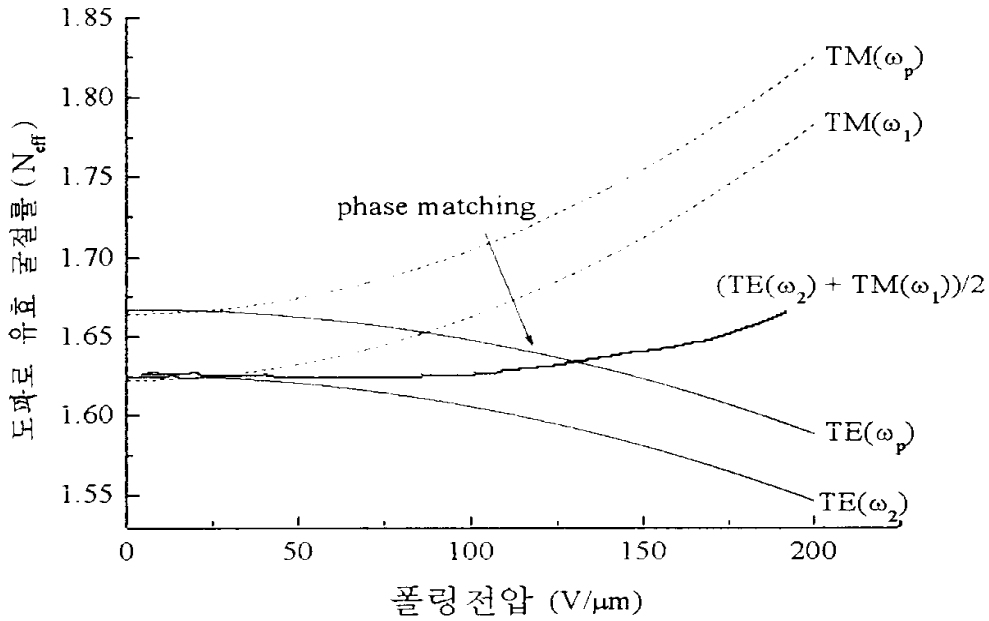


- ※ ● λ_1 : 신호광(signal beam)의 파장,
 ● λ_p : 펌프광(pump beam)의 파장
 ● λ_2 : 출력광 (output beam)의 파장

【도 1b】

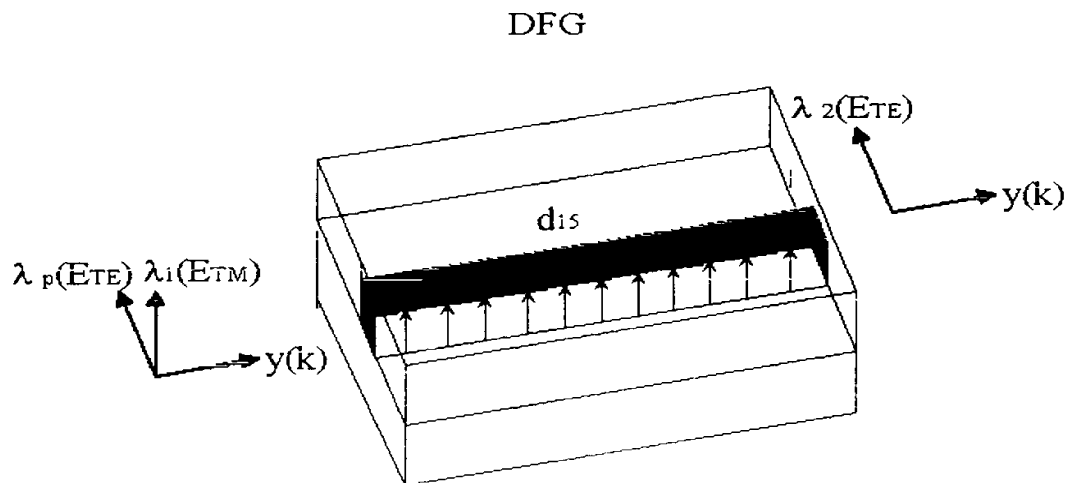


【도 2】

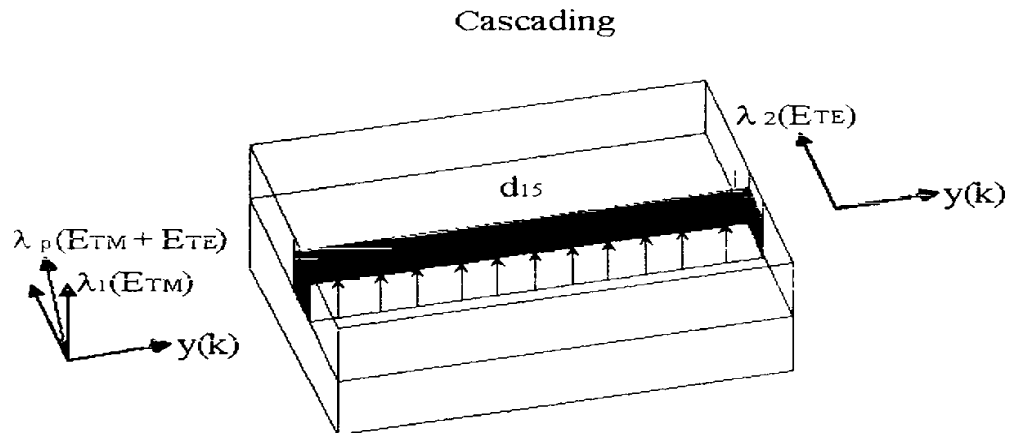


- ※ $\text{TM}(\omega_p)$: TM 편광 도파모드의 굴절률 (펌프광)
 $\text{TM}(\omega_1)$: TM 편광 도파모드의 굴절률 (신호광)
 $\text{TE}(\omega_2)$: TE 편광 도파모드의 굴절률 (출력광)
 $\text{TE}(\omega_p)$: TE 편광 도파모드의 굴절률 (펌프광)

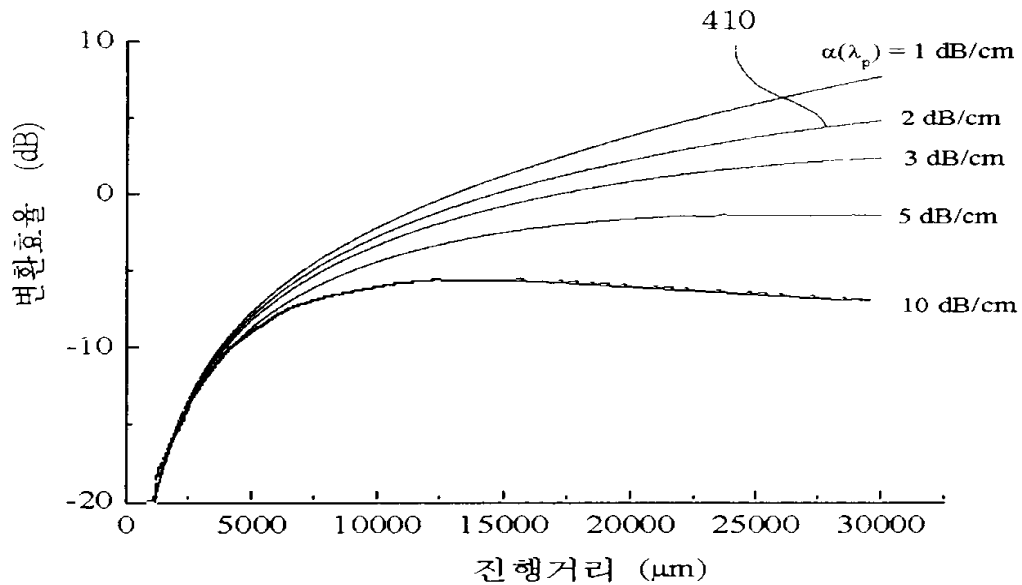
【도 3a】



【도 3b】

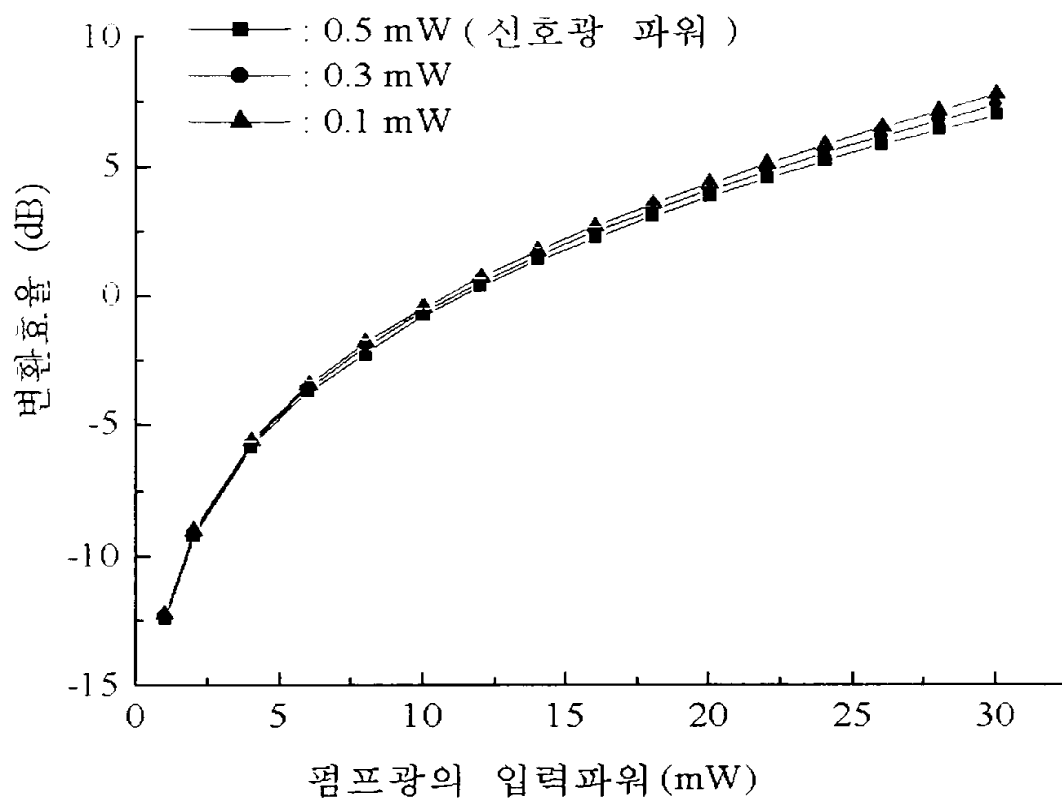


【도 4】



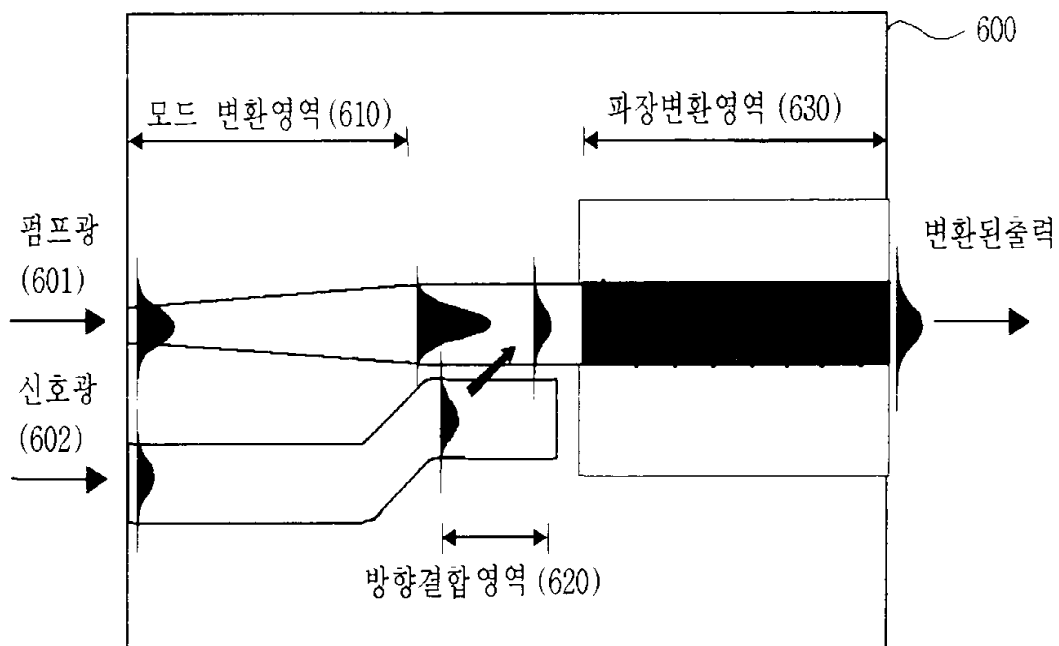
※ $\alpha(\lambda_1) = 2 \text{ dB/cm}$: 신호광에 대한 흡수
 $d_{15} = 15 \text{ pm/V}$: 비선형물질계수
 $I(\lambda_p) = 15 \text{ mW}$: 펌프광의 입력
 $I(\lambda_1) = 0.1 \text{ mW}$: 신호광의 입력
 중첩정수요소 (overlap integral factor) 0.95

【도 5】



※ $\alpha(\lambda_p) = 2 \text{ dB/cm}$, : 펌프광에 대한 흡수
 $\alpha(\lambda_s) = 2 \text{ dB/cm}$, : 신호광에 대한 흡수
 도파길이 (파장변환영역) : 2cm
 $d_{15} = 15 \text{ pm/V}$: 비선형물질계수
 중첩정수요소 (overlap integral factor) : 0.95

【도 6】



【도 7】

